

مطالعه تشکیل و خصوصیات کروتووینها در خاک‌های منطقه اصفهان

* هادی قربانی^۱ و مصطفی کریمیان اقبال^۲

^۱ استادیار گروه آب و خاک دانشگاه صنعتی شاهرود، ^۲ دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۸۴/۶/۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۱/۳۰

چکیده

فعالیت موجودات زنده در خاک باعث تغییر و تحولات فیزیکی و مرفولوژیکی خاصی در پروفیل می‌گردد. در خاک‌های مورد مطالعه شدت و قدمت زیاد فعالیت زنجره‌ها، باعث ایجاد عوارض قابل توجهی در خاک گردیده است که کروتووینها نامیده می‌شود. کروتووینها در حقیقت نوعی پدوتوبیول بوده و عوارض خاک‌سازی ناشی از فعالیت موجودات زنده در خاک می‌باشند. این اصطلاح برای توصیف اشکال پر شده حفرات، لانه‌ها و تونل‌های ایجاد شده توسط موجودات زنده در خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. کروتووینها براساس شکل ظاهری، فابریک داخلی و تمایز از خاک اطراف نامگذاری و طبقه‌بندی می‌شوند. در خاک‌های مورد مطالعه خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکرو مرفولوژیکی کروتووینها مورد توجه قرار گرفت و ضمن طبقه‌بندی و نامگذاری آنها نحوه تشکیل کروتووینها در خاک مطالعه شد. نتایج حاصل نشان داد که کروتووینها دارای بافت سنگین‌تر و جرم مخصوص ظاهری بیشتر از خاک اطراف و نیز دارای هدایت الکتریکی، اسیدیته و درصد آهک متفاوت از خاک اطراف بودند. از نظر مرفولوژیکی، انواع کروتووینها ایزوتوبیول، استریوتوبیول و اگروتوبیول شناسایی شدند. عمده کروتووینها مورد مطالعه از نوع ایزوتوبیول با فابریک داخلی یکنواخت بودند و به‌صورت کروتووینها با فابریک داخلی یکنواخت، مقطع مدور، تک شاخه و کمی چسبیده به خاک اطراف نامگذاری شدند.

واژه‌های کلیدی: کروتووینها، زنجره، میکرومرفولوژی

مقدمه

آنها، از نظر اندازه و شکل متفاوت است (بول و همکاران، ۱۹۸۰). تجمع مواد آلی و معدنی در بخش‌هایی از خاک، در اثر فعالیت موجودات زنده به اشکال مختلف ظاهر می‌گردد. برخی اوقات مواد معدنی در دیواره حفرات و کانال‌های موجود در خاک به‌صورت لایه‌های نازکی رسوب کرده و پوسته‌های مختلفی را ایجاد می‌کند. چنین پوشش‌هایی می‌تواند رسی، آهکی و سایر ترکیبات معدنی یا آلی در خاک باشد (هول، ۱۹۸۱؛ ویک و مسنجر، ۱۹۷۲). تجمع مواد معدنی در اثر فعالیت

موجودات زنده در خاک اثرات متعددی را بر جای می‌گذارند که برخی از آنها به راحتی قابل رویت و شناسایی هستند. خاکدانه‌ها و حفرات ساخته شده به‌وسیله موجودات زنده، نحوه تجمع مواد معدنی و آلی در خاک، ناهمواری‌های ایجاد شده در سطح خاک، عوارض خاک رسی ناشی از پر شدن حفرات، از جمله این اثرات در خاک است (اوگین و همکاران، ۲۰۰۲). حفرات ایجاد شده با توجه به بزرگی و کوچکی جانوران و نحوه عمل

کروتوینا را نتیجه قدمت طولانی فعالیت زنجیره‌ها در خاک دانستند (فیتزپاتریک، ۱۹۸۴). واژه کروتوینا برای حفرات پر شده ناشی از فعالیت زنجیره‌ها توسط برخی محققین دیگر (لکزیمان و جلالیان، ۱۳۷۰؛ رانسوم و همکاران، ۱۹۸۷ و بول و همکاران، ۱۹۸۰) نیز مورد پذیرش می‌باشد. شواهد گسترده فعالیت زنجیره‌ها در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک نیز توسط سایرین گزارش شده است (اداره نقشه‌برداری خاک وزارت کشاورزی آمریکا، ۱۹۹۸؛ اوگین و بوساکا، ۲۰۰۱). کروتویناها از دیدگاه میکرومورفولوژی نوعی پدوتوبیول^۲ می‌باشند. پدوتوبیول‌ها عوارض خاک‌سازی استوانه‌ای شکل ناشی از پر شدن حفرات موجود در خاک است و کروتویناها در حقیقت پدوتوبیول‌های ناشی از پر شدن حفرات مربوط به فعالیت موجودات زنده در خاک می‌باشند. اصطلاح اخیر توسط برور به‌طور وسیع مورد استفاده و توصیف قرار گرفته است (برور، ۱۹۶۴). در مطالعه حاضر کروتویناها در خاک‌های تحت فعالیت زنجیره‌ها مورد بررسی قرار گرفته است و ویژگی‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی، مورفولوژیکی و میکرومورفولوژی آنها مورد بحث قرار گرفته است. چنین مطالعاتی برای نخستین بار در کشور صورت می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه خصوصیات کروتویناها و نحوه تشکیل آنها در خاک، خاک‌هایی با مقدار قابل توجهی کروتوینا در منطقه لورک اصفهان شناسایی شد و سه پروفیل به ابعاد $1/5 \times 1/5$ به عمق ۲ متر ایجاد گردید. پروفیل‌ها با استفاده از راهنمای تشریح پروفیلی اداره حفاظت خاک وزارت کشاورزی آمریکا (اداره حفاظت خاک وزارت کشاورزی آمریکا، ۱۹۷۹) تشریح و نمونه‌برداری شد. در پروفیل‌های مذکور عوارض کروتوینا مورد بررسی دقیق قرار گرفت و وضعیت آنها، اندازه و شکل و نیز درصد فراوانی آنها در هر افق

موجودات زنده در خاک ممکن است به‌صورت توده‌های متراکم و اشکال خاکزایی ظاهر گردد. این توده‌های متراکم می‌تواند آهکی (وپراسکاس و ویلدینگ، ۱۹۸۳)، رسی (بول و همکاران، ۱۹۸۰؛ هوگی و پسی، ۱۹۶۳؛ ویلدینگ و همکاران، ۱۹۸۳) یا برخی ترکیبات دیگر باشد.

برخی عوارض خاک‌سازی ناشی از فعالیت موجودات زنده در خاک کروتوینا^۱ نامیده می‌شود. این عوارض برای اولین بار توسط محققین روسی کشف و نام کروتوینا بر آنها نهاده شد. کروتوینا در زبان روسی از کلمه کروت به معنی موش کور گرفته شده است و اغلب برای توصیف اشکال پر شده حفرات، لانه‌ها و تونل‌های ایجاد شده بوسیله جانوران خاکزی از جمله جوندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد (ویلدینگ و همکاران، ۱۹۸۳). کروتویناها اجسام خاکی متراکمی هستند که شکل و اندازه آنها به شکل و اندازه حفراتی که آنها را به‌وجود آورده‌اند مربوط می‌شود. عمق حضور آنها در خاک‌های مختلف متفاوت بوده و بیشترین مقدار در اعماق ۱ تا ۱/۵ متر خاک مشاهده شده‌اند (هوگی و پسی، ۱۹۶۳؛ ویلدینگ و همکاران، ۱۹۸۳).

اصطلاح کروتوینا توسط برخی محققین برای توصیف حفرات پر شده ناشی از فعالیت خرچنگ آبی مورد استفاده قرار گرفته است (رانسوم و همکاران، ۱۹۸۷؛ وپراسکاس و ویلدینگ، ۱۹۸۳) برخی محققین دیگر ضمن مطالعه اثر زنجیره‌ها بر تشکیل و تحول خاک‌های جنوب ایداهو، شمال یوتا و شمال شرقی نوادا، به واحدهای ساختمانی ویژه‌ای برخورد کردند که به اشکال استوانه‌ای و متراکم از مواد خاکی بوده و وجود چنین عوارضی را به فعالیت پوره‌های زنجیره در خاک مربوط دانستند. آنان نحوه تشکیل این واحدهای ساختمانی را پر شدن لانه‌های تعبیه شده و حفرات ناشی از فعالیت زنجیره‌ها توسط مواد خاکی از همان افق یا افق‌های بالایی دانستند و آنها را کروتوینا نامیدند. آنان وجود اشکال

ادامه نیز با استناد به شواهد میکروسکوپی به تراکم بودن کروتویناها اشاره خواهد شد.

خصوصیات شیمیایی کروتویناها: تقریباً در بیشتر خصوصیات شیمیایی، بین کروتویناها و خاک اختلاف وجود دارد (جدول‌های ۲ و ۳). مقدار pH در کروتویناها اندکی بالاتر از مقادیر نظیر آنها در خاک می‌باشد. درصد آهک نیز در کروتویناها به‌طور عموم کمتر از خاک است که شاید دلیل آن حلالیت کم آهک باشد، که مانع از آبشویی و انتقال به داخل کروتویناها شده است. میزان هدایت الکتریکی و مواد آلی در کروتویناها کمتر از خاک بوده و استثناء در مورد افق B_{tb} وجود دارد که میزان هدایت الکتریکی و مواد آلی در کروتویناها این افق بیشتر از خاک آن می‌باشد. بالا بودن شدید هدایت الکتریکی در کروتویناها را می‌توان به مقادیر بالای کاتیون‌های بازی نسبت به خاک، مربوط دانست. همچنین بالا بودن مقدار مواد آلی در کروتویناها افق B_{tb} احتمالاً با تراکم زیاد ریشه‌ها در این افق بی ارتباط نیست. زیرا مقدار زیاد کروتوینا در این افق نسبت به سایر افق‌ها، به دلیل فعالیت بیشتر زنجیره‌ها در آن بوده که می‌تواند ناشی از تراکم زیاد ریشه در این افق باشد. مقایسه ویژگی‌های شیمیایی کروتویناها در افق B_{tb} با سایر افق‌ها نشان می‌دهد که تقریباً در تمامی موارد بین آنها اختلاف وجود دارد.

یادداشت گردید و سپس نمونه‌هایی از آنها جهت انجام آزمایش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و میکرومورفولوژیکی به آزمایشگاه منتقل گردید. بر روی کلیه نمونه‌ها جرم مخصوص ظاهری، درصد اشباع، بافت، pH، هدایت الکتریکی (EC)، در صد آهک، درصد مواد آلی، کاتیون‌ها و آنیون‌ها اندازه‌گیری شد (کلوت، ۱۹۹۰؛ پیچ و همکاران، ۱۹۹۲) از کلیه نمونه‌های کروتوینا مقاطع نازک خاک تهیه گردید (فیتزپاتریک، ۱۹۸۴) و توسط میکروسکوپ پلاریزان مورد مطالعه قرار گرفت. عوارض و شواهد موجود در مقاطع نازک عکس‌برداری گردید و نقاطی از نمونه‌ها توسط اسپکترومتر اشعه ایکس (EDX)^۱ تحت آنالیز کیفی قرار گرفت. برخی نمونه‌ها نیز توسط میکروسکوپ الکترونی^۲ (SEM) مورد مطالعه قرار گرفت و نقاطی از آنها عکس‌برداری گردید.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی کروتویناها: ویژگی‌های فیزیکی کروتویناها در پروفیل شاهد، در جدول ۱ آمده است. کلیه کروتویناها دارای بافت سنگین در کلاس رس سیلتی بوده و تمامی آنها دارای بالاترین درصد رس و سیلت می‌باشند. جرم مخصوص ظاهری کروتویناها در تمامی افق‌های خاک بیشتر از مقادیر آن در خاک افق‌ها می‌باشد که خود بیانگر فشردگی و تراکم کروتویناها است. در

جدول ۱ - مشخصات فیزیکی کروتویناها در پروفیل شاهد.

افق	عمق (سانتی‌متر)	جرم مخصوص ظاهری گرم/سانتی‌متر مکعب	درصد اشباع	خاک رس (درصد)	سیلت (درصد)	ماسه (درصد)	کلاس بافت
B_w	۱۸ - ۴۸	۱/۸۷	۳۲/۹	۴۳	۴۲	۱۵	سیلتی - رسی
B_t	۴۸ - ۱۱۰	۱/۸۹	۳۳/۶۶	۴۹/۸	۳۸/۲	۱۲	سیلتی - رسی
B_{tb}	۱۱۰ - ۱۴۵	۱/۸۳	۳۳/۶۲	۴۷	۴۴	۹	سیلتی - رسی

جدول ۲ - مشخصات شیمیایی کروتویناها در پروفیل شاهد.

افق	عمق (سانتی متر)	EC dS/m	pH گل اشباع	CaCO ₃ (درصد)	مواد آلی (درصد)	Ca ⁺⁺ meq/l	Mg ⁺⁺ meq/l	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	CO ₃ ⁼ meq/l	HCO ₃ ⁻ meq/l
B _w	۱۸ - ۴۸	۰/۷۸	۸/۱	۳۸/۱	۰/۳۶	۱/۶	۳/۶	۳۵	۴/۵	۱/۵	۱/۵
B _t	۴۸ - ۱۱۰	۱/۰۵	۸/۱	۴۱/۸	۰/۲۲	۲/۸	۳/۲	۴۶	۲/۵	۰/۴	۰/۷
B _{tb}	۱۱۰ - ۱۴۵	۱۲/۳۱	۷/۶۵	۳۸/۴	۰/۱۹	۲۴/۴	۱۵/۲	۲۰۰	۴	-	-

جدول ۳ - مشخصات شیمیایی خاک در پروفیل شاهد.

افق	عمق (سانتی متر)	EC dS/m	pH گل اشباع	CaCO ₃ (درصد)	مواد آلی (درصد)	Ca ⁺⁺ meq/l	Mg ⁺⁺ meq/l	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	CO ₃ ⁼ meq/l	HCO ₃ ⁻ meq/l
A _p	۰ - ۱۸	۸/۹۲	۷/۸	۴۷/۷	۱/۶۲	۱۱/۲	۶/۲	۱۷	۵۳	۲/۵	۴/۳
B _w	۱۸ - ۴۸	۱/۳۵	۷/۸	۴۹/۷	۰/۵	۱۱/۶	۵/۲	۱۰۲	۱۷	۳	۱/۶
B _t	۴۸ - ۱۱۰	۲/۹۴	۷/۷	۴۵	۰/۳۴	۱۵/۲	۴/۲	۸۰	۴/۵	۰/۶	۰/۷
B _{tb}	۱۱۰ - ۱۴۵	۳/۷۶	۷/۷۵	۳۷/۷	۰/۱۷	۱۷/۲	۸	۱۰۲	۳/۵	۰/۴	۰/۶

کروتویناها از آن جهت که بافت ریزتری دارند بتوانند املاح بیشتری را جذب نمایند.

خصوصیات مرفولوژیکی کروتویناها: کروتویناها دارای اندازه‌های متفاوت می‌باشند (شکل ۱). نظر به اینکه کروتویناها بستگی به اندازه پوره‌های زجره دارد لذا با توجه به اینکه کروتویناها در چه عمقی از خاک قرار داشته باشند دارای اندازه‌های مختلفی می‌باشند. توزیع کروتویناها در پروفیل شاهد با توجه به اندازه آنها مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۴). به‌طور متوسط بیشتر کروتویناها دارای طول ۳ و قطر ۱/۵ سانتی متر بودند. کروتویناها با شکل‌های مختلف استوانه‌ای گرد شده و خاکدانه‌ای با قطر ۱ تا ۲ سانتی متر توسط دیگران نیز گزارش شده است (اوگین و همکاران، ۲۰۰۲).

از آنجا که افق B_{tb} یک افق دفن شده می‌باشد، چنین تفاوت‌هایی می‌تواند قابل توجه باشد. به نظر می‌رسد کروتویناها در افق B_{tb} ناشی از انتقال موادی است که از نظر شیمیایی با افق B_{tb} حاضر متفاوت بوده است. مواد تشکیل‌دهنده کروتویناها در افق B_{tb} می‌تواند نتیجه انتقال از لایه رویی این افق باشد که از نظر شیمیایی با افق اخیر متفاوت بوده و در حال حاضر در اثر پروسه‌های فرسایشی از بین رفته است. از طرف دیگر وجود لکه‌های منقوط در نقاطی از منطقه نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی در گذشته بالا بوده لذا شاید بتوان برخی تفاوت‌های شیمیایی را در این افق به آن مربوط دانست. بالا بودن سطح آب زیرزمینی می‌تواند باعث افزایش غلظت املاح در افق زیرین شده و به نظر می‌رسد



شکل ۱- اشکال کروتویناها در اندازه‌های مختلف.

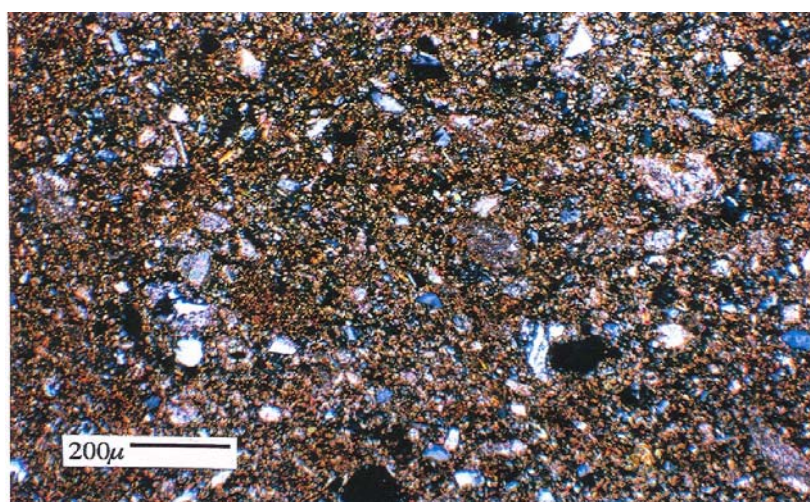
جدول ۴- مشخصات مرفولوژیکی کروتووینها در پروفیل شاهد.

افق	رنگ		اندازه و درصد کروتووینها در افق‌های مختلف خاک											
	مرطوب	خشک	طول (سانتی‌متر)					قطر (سانتی‌متر)						
			۱/۵	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۵/۵	۱	۱/۵	۲
B _w	7.5YR4/4	10YR5/6	-	۱۰	۳۰	۶۰	-	-	-	-	-	-	۳۰	۴۰
B _t	5YR4/4	7.5YR5/6	۶/۹	۳/۵	۲۷/۹	۳۷/۹	-	۲۴/۱	-	-	-	۳۱	۴۸/۲	۲۰/۷
B _{tb}	7.5YR4/4	10YR5/6	-	۲۱/۵	۲۱/۵	۲۸/۶	۱۷/۹	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۴۶/۴	۳۹/۳	۱۰

طبقه‌بندی کروتووینها: کروتووینها در حقیقت نوعی پدوتوبیول می‌باشند که ناشی از پر شدن حفرات موجودات زنده در خاک است. از آنجا که براساس برخی ویژگی‌ها می‌توان پدوتوبیول‌ها را به انواع مختلفی تقسیم‌بندی نمود (برور، ۱۹۶۴) بنابراین در اینجا به ذکر برخی از خصوصیات کروتووینها و طبقه‌بندی آنها خواهیم پرداخت.

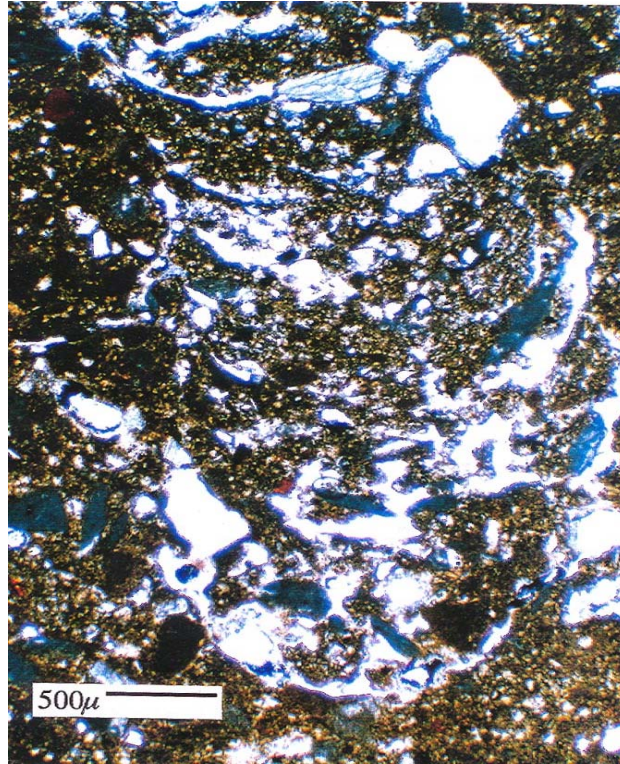
فابریک داخلی: از نظر فابریک داخلی، کروتووینها متفاوت بوده و انواعی از فابریک در آنها مشاهده می‌شود. برخی از آنها دارای فابریک داخلی تقریباً یکنواخت بوده و هیچ‌گونه حالت لایه‌بندی و یا حالت خاکدانه‌ای در آنها دیده نمی‌شود. بیشتر کروتووینها دارای مطالعه دارای اینگونه فابریک داخلی بوده و حالت یکنواختی را در فابریک خود نشان دادند. شکل ۲ فابریک داخلی

یکنواخت را نشان می‌دهد. به پدوتوبیول‌هایی که دارای چنین فابریک داخلی هستند، ایزوتوبیول^۱ گفته می‌شود. برخی دیگر فابریک داخلی جهت دار داشته و مواد تشکیل‌دهنده آنها به صورت طبقات منظم روی یکدیگر قرار می‌گیرند. برخی کروتووینها دارای مطالعه دارای فابریک داخلی جهت دار می‌باشند (شکل ۳). پدوتوبیول‌های با این‌گونه فابریک داخلی را استریوتوبیول^۲ می‌نامند. نوعی دیگر از فابریک داخلی حالت خاکدانه‌ای داشته و مواد تشکیل‌دهنده آنها به صورت خاکدانه‌های ریز در کنار یکدیگر دیده می‌شوند. پدوتوبیول‌های دارای چنین فابریک داخلی گروتوبیول^۳ نامیده می‌شوند. تعدادی از کروتووینها دارای مطالعه، این نوع فابریک داخلی را نشان می‌دهند (شکل ۴).

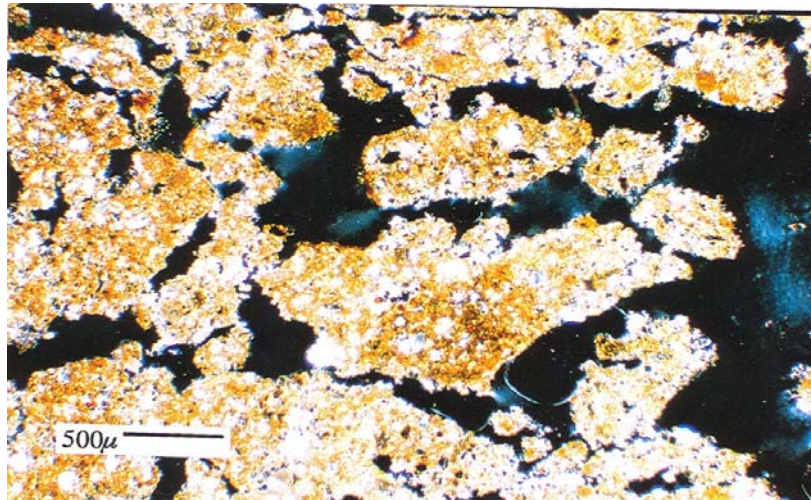


شکل ۲- فابریک داخلی یکنواخت در کروتووینها افق B_{tb} (تصویر XPL).

- 1- Isotubules
- 2- Steriotubules
- 3- Aggrotubules



شکل ۳- فابریک داخلی جهت دار در کروتوویناهای افق B_{tb} (تصویر XPL).



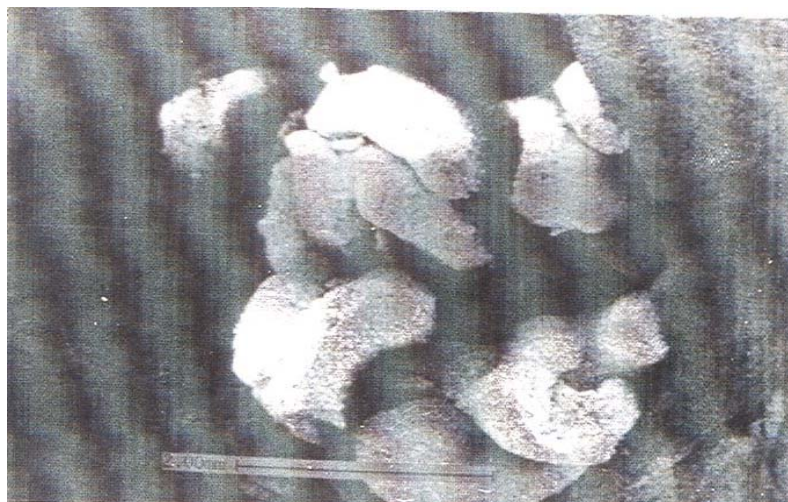
شکل ۴- فابریک داخلی خاکدانه‌ای در کروتوویناهای افق B_{tb} (تصویر XPL).

تمایز از خاک اطراف: نظر به اینکه کروتوویناها در متن خاک قرار دارند لذا می‌توانند با خاک اطراف مخلوط شده و به طرف خاک جذب شوند. میزان این چسبندگی به خاک می‌تواند در شناسایی خصوصیات و طبقه‌بندی آنها مفید باشد. کروتوویناهای مورد مطالعه از نظر جدایی‌پذیری از خاک اطراف عموماً به سهولت جدا شده و چسبندگی کمی دارند.

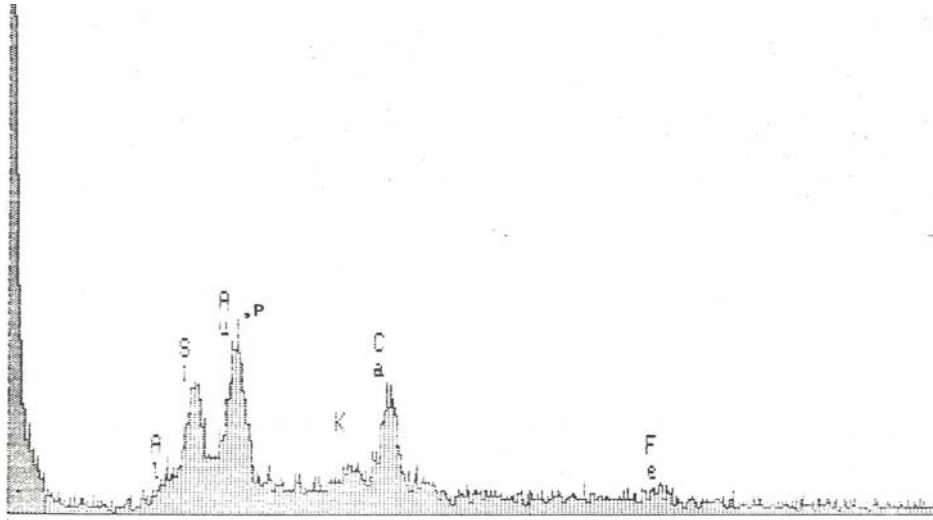
شکل خارجی: از دیگر فاکتورهایی که می‌تواند در شناسایی و طبقه‌بندی کروتوویناها مؤثر باشد شکل و فرم خارجی آنها است. کروتوویناهای مورد مطالعه دارای مقطع عرضی مدور و اندازه‌های قطری متفاوت از ۰/۵ تا ۲ سانتی‌متر بوده و از نظر انشعاب شاخه‌ها به صورت تک شاخه بوده و هیچ کدام از کروتوویناها دارای انشعاب شاخه‌ای نمی‌باشند (شکل ۱).

نحوه تشکیل کروتووینهاها: تقریباً تمامی ویژگی‌های کروتووینهاها حاکی از تشکیل آنها در اثر فعالیت موجودات زنجیره می‌باشد. کروتووینهاها در حقیقت حفرات پرشده و لانه پوره‌های زنجیره در خاک بوده که توسط مواد خاکی پرشده‌اند. تمایز زیاد کروتووینهاها از خاک اطراف و این که آنها براحتی از خاک جدا می‌شوند خود بیانگر این است که کروتووینهاها کانال‌ها و حفرات پرشده هستند (برور، ۱۹۶۴). از طرف دیگر شکل خارجی کروتووینهاها و اندازه آنها نشان می‌دهد که به صورت تک شاخه بوده و می‌تواند لانه زنجیره‌ها باشد. مسیر ریشه‌ها معمولاً حالت شاخه‌ای داشته و از لانه موجودات زنده کاملاً قابل تفکیک می‌باشد. برخی دیگر از موجودات خاکی نظیر کرم خاکی دارای لانه نبوده و لانه برخی دیگر نظیر مورچه‌ها دارای کف صاف و انتهای گنبدی شکل می‌باشد که از کروتووینهاها موجود متمایز است (برور، ۱۹۶۴). از طرف دیگر مشاهده حشرات زنجیره به صورت زنده و فعال درون لانه‌های خود در پروفیل خاک که کاملاً شبیه کروتووینهاها موجود می‌باشد، باعث تقویت نظریه فوق می‌گردد.

برخی شواهد دیگر نشان می‌دهد که فعالیت پوره‌های زنجیره خود در تشکیل کروتووینهاها مؤثر هستند. شکل ۵ یک مجموعه از ذرات ریز تشکیل دهنده کروتووینها را در افق B_{tb} پروفیل شاهد نشان می‌دهد. اسپکتروسکوپی اشعه ایکس (EDX) از ذرات مذکور (شکل ۶) نشان می‌دهد که وجود ترکیبات فسفر در نمونه می‌تواند به فعالیت پوره‌های زنجیره و ترشحات آنها در خاک مربوط گردد زیرا در اسپکتروسکوپی اشعه ایکس از خاک پیک مربوط به فسفر مشاهده نگردید. به نظر می‌رسد ترشحات ناشی از زنجیره‌ها دارای مواد آلی فسفردار بوده و در تشکیل خاکدانه‌های ریز تشکیل دهنده کروتووینهاها مؤثر است. تشکیل کروتووینهاها در افق‌های مدفون شده خاک توسط دیگران نیز گزارش شده است. آنان وجود شواهد فعالیت زنجیره‌ها را در افق‌های سطحی خاک، نتیجه فعال بودن فرایندهای تشکیل و تحول خاک به دنبال مدفون شدن افق‌های تحتانی خاک دانسته‌اند (بلانک و همکاران، ۱۹۹۸؛ بوساکا، ۱۹۸۹). در ادامه به مهمترین انواع کروتووینهاها و نحوه تشکیل هر کدام در خاک‌های مورد مطالعه اشاره می‌شود.



شکل ۵- مجموعه‌ای از ذرات ریز تشکیل دهنده برخی از کروتووینهاها در افق B_{tb} (تصویر SEM).



شکل ۶- اسپکتروسکوپی اشعه ایکس ذرات ریز تشکیل دهنده برخی از کروتووینها در افق B_{1b} (Al=آلومینیم، Si=سیلیسیم، Au=طلا، P=فسفر، K=پتاسیم، Ca=کلسیم، Fe=آهن).

دو نوع اگروتوبیول مشاهده گردید که شاید بتوان نحوه تشکیل آنها را تا حدی متفاوت دانست. برخی کروتووینها دارای فابریک داخلی خاکدانه‌ای است و گمان می‌رود فعالیت پوره‌های زنجره در خاک، در تشکیل آنها مؤثر باشد. از آنجا که پوره‌های زنجره در خاک حرکت کرده و اقدام به حفر تونل می‌کنند لذا ضمن فعالیت، تکه‌هایی از خاک را جدا کرده و به حفراتی که در آن فعالیت می‌کنند، انتقال می‌دهند. حفرات درشت و نامنظم موجود در بین ذرات خاکدانه، حاکی از عدم تراکم آن است. بنابراین پوره‌های زنجره باعث کندن ذرات خاک و انتقال آنها به کف حفره شده که به‌طور نامنظم بر روی یکدیگر قرار گرفته که بزرگی اندازه و نامنظم بودن شکل خاکدانه‌ها، مانع از تراکم آنها می‌شود. شکل ۴ فابریک داخلی یک کروتووینا از نوع اگروتوبیول را نشان می‌دهد. نوع دیگر از اگروتوبیول‌ها، کروتوویناهایی هستند که فابریک داخلی خاکدانه‌ای داشته، لکن مرفولوژی خاکدانه‌ها با نوع قبلی متفاوت است (شکل ۵). نوع اخیر خاکدانه‌ها، شکل خاصی داشته که به‌صورت استوانه‌ای منظم و دارای انحنا می‌باشند. این خاکدانه‌ها از مواد بسیار ریز تشکیل شده و تقریباً هیچگونه مواد سنگریزه‌ای در آن دیده نمی‌شود. به‌نظر می‌رسد تشکیل آنها مستقیماً

ایزوتوبیول: این نوع بیشترین درصد کروتوویناهای موجود را شامل می‌شود (حدود ۷۰ درصد) و فابریک داخلی آنها از نوع یکنواخت می‌باشد (شکل ۲). به‌نظر می‌رسد مواد تشکیل دهنده این نوع کروتووینها، در نتیجه پروسه‌های آبشویی و انتقال مواد از بخش‌های بالایی خاک حاصل شده باشند. تراکم مواد تشکیل دهنده آنها نشان می‌دهد که از نوع مواد ریز بوده و در اثر پروسه‌های آبشویی توانسته‌اند به خوبی متراکم شوند. از آنجا که مواد تشکیل دهنده آنها دارای خلل و فرج ریز بوده و به‌طور یکنواخت متراکم می‌باشد می‌توان گفت نقش پوره‌های زنجره در تشکیل آنها کمتر بوده است.

استریوتوبیول: فابریک داخلی این نوع کروتووینها به‌صورت لایه لایه و جهت‌دار می‌باشد (شکل ۳). وجود لایه‌های مجزا و منظم نشان می‌دهد که احتمالاً تشکیل آنها تحت تأثیر پروسه‌های آبشویی در زمان‌های متناوب بوده است. به‌نظر می‌رسد در هر آبشویی یک یا چند لایه تشکیل گردیده است. در تشکیل این نوع کروتووینا نیز نقش آبشویی و انتقال مواد از بخش‌های فوقانی بیشتر از زنجره‌ها مورد توجه است.

اگروتوبیول: کروتوویناهایی هستند که فابریک داخلی آنها از نوع خاکدانه‌ای می‌باشد. در کروتوویناهای مورد مطالعه

تحت تأثیر فعالیت پوره‌های زنجیره و ترشحات آنها صورت گرفته باشد. وجود ترکیبات فسفر در اسپکتروسکوپی اشعه ایکس آنها (شکل ۶) می‌تواند نتیجه ترشحات آلی پوره‌ها و نقش آن در تشکیل این خاکدانه‌ها باشد.

نامگذاری کروتویناها: از جمله خصوصیات مورد استفاده برای طبقه‌بندی و نامگذاری کروتویناها عبارتند از تمایز از خاک اطراف، مقطع عرضی، وضعیت شاخه‌ها و فابریک داخلی. بر این اساس بیشتر کروتویناهای مورد مطالعه (حدود ۷۰ درصد) به صورت "کروتویناهای با

فابریک داخلی یکنواخت، مقطع مدور، تک شاخه و کمی چسبیده به خاک اطراف"^۱ نامگذاری می‌شوند. تعدادی از کروتویناها دارای مشخصات فوق بوده لکن فابریک داخلی آنها از نوع جهت‌دار می‌باشد و برخی دیگر دارای فابریک داخلی خاکدانه‌ای هستند که به ترتیب "کروتویناهای با فابریک داخلی جهت‌دار، مقطع مدور، تک شاخه و کمی چسبیده به خاک اطراف"^۲ و "کروتویناهای با فابریک داخلی خاکدانه‌ای، مقطع مدور، تک شاخه و کمی چسبیده به خاک اطراف"^۳ نامیده می‌شوند.

منابع

۱. لکزیان، ا.، و جلالیان، ا.، ۱۳۷۰. پیدایش و رده‌بندی خاک‌های سری خمینی شهر. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۵، شماره ۲.
2. Blank, R.R., Cochran, B., and Fosberg, M.A. 1998. Duripans of southwestern Idaho: Polygenesis during the Quaternary deduced through micromorphology. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 701-709.
3. Boul, S.W., Hole, F.D., and McCracken, R.J. 1980. *Soil genesis and classification*. Iowa State University Press, Amens, 404 p.
4. Brewer, R. 1964. *Fabric and mineral analysis of soils*. John Eiley and Sons, New York, 470 P.
5. Busacca, A.J. 1989. Long Quaternary record in eastern Washington, USA, interpreted from multiple buried paleosols in loess. *Geoderma* 45:105-122.
6. Fitzpatrick, E.A. 1984. *Micro morphology of soils*. Chapman & Hall, London, 433p.
7. Hole, F.D. 1981. Effects of animals on soil. *Geoderma*, 25 (75-112).
8. Hugie, V.K., and Passey, H.B. 1963. Cicada and their effect upon soil genesis in certain soil in southern Idaho, northern Utah, and northeastern Nevada. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 27:78-82.
9. Klute, A. 1990. *Methodes of soil analysis, Part I-Physical and mineralogical methods*. ASA and SSSA Pub., Madison, 1188p.
10. O'Geen, A.T., and Busacca, A.J. 2001. Faunal burrows as indicators of paleo-vegetation in eastern Washington, USA. *Pale geography, Pale climatology, Pale ecology*, 169:23-37.
11. O'Geen, A.T., McDaniel, P.A., and Busacca, A.J. 2002. Cicada burrows as indicators of paleosols in the inland pacific northwest. *SSSAJ*, 66:1584-1586.
12. Page, A.D., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1992. *Methodes of soils analysis, Part II - Chemical and mineralogical properties*. Second Edition, SSSA Pub., Madison, 1159 p.
13. Ransom, D., Smeck, N.E., and Bigham, J.M. 1987. Stratigraphy and genesis of polygenetic soil on Illinoian till plain of southwestern Ohio. *SSSAJ*, 51:135-141.
14. Soil Conservation Service, USDA. 1979. *Definitions and abbreviations for soil description*. portland, Oregon, 16p.
15. USDA-NRCS Soil Survey Division. 1998. *Official soil series descriptions data access [online]*. Available at <http://www.statlab.iastate.edu:80/soil/osd>.
16. Veparaskas, M.J., and Wilding, L.P. 1983. Deeply weathered soils in the Taxes coastal plain. *SSSAJ*, 47:293-300.
17. Wiecek, C.S., and Messenger, A.S. 1972. Calcite contribution by earthworm of forest soils in northern Illinois. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* Vol. 36.
18. Wilding, L.P., Smeck, N.E., and Hall, G.H. 1983. *Pedogenesis and soil taxonomy, I-Concepts and interactions*. Elsevier Science pub. 303 p.

1- Weakly adhesive, Circular, Single, Isotubules

2- Weakly adhesive, Circular, Single, Steriotubules

3- Weakly adhesive, Circular, Single, Aggrotubules

Study of Krotovina formation and their properties in soils around Isfahan

H. Ghorbani¹ and M.K. Eghbal²

¹Assistant Prof. Dept. of Soil and water University of Technology, Iran ²Associate Prof. Dept. of Soil Science
Tarbiat Modares University, Iran

Abstract

Organism activities in soil can cause different physical and morphological changes in soil. In the studied soils cicada have been active for a long time and their activities have been formed some specific soil phenomena which is called krotovina. Krotovinas are a kind of pedotubule which are due to cicada activities in soil. The term of krotovina is commonly used for channels, voids and nests of different soil organisms which are filled and compacted by soil materials. Krotovinas are classified based on their shapes, internal fabrics and separability from horizon soil matrix. In this study, physical, chemical and micro morphological properties of krotovinas were studied. Krotovinas were classified based on their characteristics and their formation was also studied. The results showed that krotovinas were heavier in texture, higher in bulk density and also they were different in electrical conductivity, acidity and calcium carbonate percentage compared to soil. Morphologically, different isotubules, steriotubules and aggotubules were recognized. However, most of krotovinas were named as “Weakly adhesive, Circular, Single, Isotubules” in the studied soils.

Keywords: Krotovina; Cicada; Micro morphology